УДК 599.745:591.523

МАНЕВРЕННОСТЬ ЛАСТОНОГИХ (PINNIPEDIA)

Ю. Е. Мордвинов

(Институт биологии южных морей АН УССР)

Условия жизни (длительное пребывание в воде, добывание пищи — рыб и головоногих моллюсков, бегство от врагов) требуют от ластоногих высокой маневренности. Они легко могут изменять направление движения в воде, резко подниматься вверх и опускаться совершенно вертикально вниз, внезапно бросаться в стороны, мгновенно останавливаться, находиться в неподвижном состоянии на поверхности воды и в ее толще. В онтогенезе у всех или у большинства видов ластоногих происходят некоторые изменения в форме тела, влияющие на маневренность животных.

Для написания статьи использован материал по морфологии северных котиков (*Callorhinus ursinus* L.) и каспийских тюленей (*Pusa caspica* Gmel.) разного размера и пола, собранный во время экспедиций на о. Тюлений (Сахалинская обл.) и в Каспийское м. в 1967—1968 гг. Плавающие в воде котики и тюлени сняты кинокамерой КСР—1М на пленку 35 *мм*. У молодых котиков и каспийских тюленей разного возраста поочередно выводили из действия передние и задние ласты для выяснения их функций во время плавания. Помимо этого использован хранящийся в архивах Института биологии южных морей АН УССР материал экспедиции на Белом м. по морфометрии беломорских лысунов (*Pagophoca groenlandica* Erxl.) разных размеров.

Ластоногие могут изменять направление движения благодаря хорошей изгибаемости тела как в дорсо-вентральном, так и в латеральном направлении, а также за счет работы передней и задней пар ластов. Само строение их корпуса обеспечивает одинаковую легкость поворота в горизонтальной и в вертикальной плоскостях, поскольку поперечное сечение тела животных почти округлое. Как показали наблюдения и анализ материалов киносъемки, поворот в горизонтальной плоскости происходит за счет латерального изгиба тела в направлении поворота. Передний ласт со стороны поворота прижат к телу или животное «подрабатывает» им под себя, другим делает резкий гребок. Задний ласт со стороны поворота в этот момент работает с большой нагрузкой, создавая основную пропульсивную силу. Повороты в горизонтальной плоскости каспийского тюленя и северного котика показаны на кинограммах (рис. 1, 2). Ныряя либо выныривая, тюлень резко опускает голову вниз или приподнимает вверх. Передние ласты после нескольких энергичных гребков животное прижимает к телу или отводит в стороны от тела и ставит под некоторым углом атаки к направлению движения. Ласты в этом случае играют роль руля. Как при нырянии, так и при выныривании оба задних ласта зверя действуют одинаково. Котики в вертикальной плоскости поворачиваются так же, как и тюлени, но у них передняя пара ластов работает непрерывно (т. к. является основным органом локомоции в воде), а задняя — чаще всего вытянута вдоль продольной оси тела и в движении активно не участвует.

При выведении из действия передних ластов тюлени и котики испытывали некоторое затруднение, совершая резкие повороты в вертикаль-

ном и горизонтальном направлениях. Поворачиваясь в горизонтальном направлении, животные при латерально изогнутом теле описывали большую дугу. Они плохо управляли своим телом, постоянно переворачива-

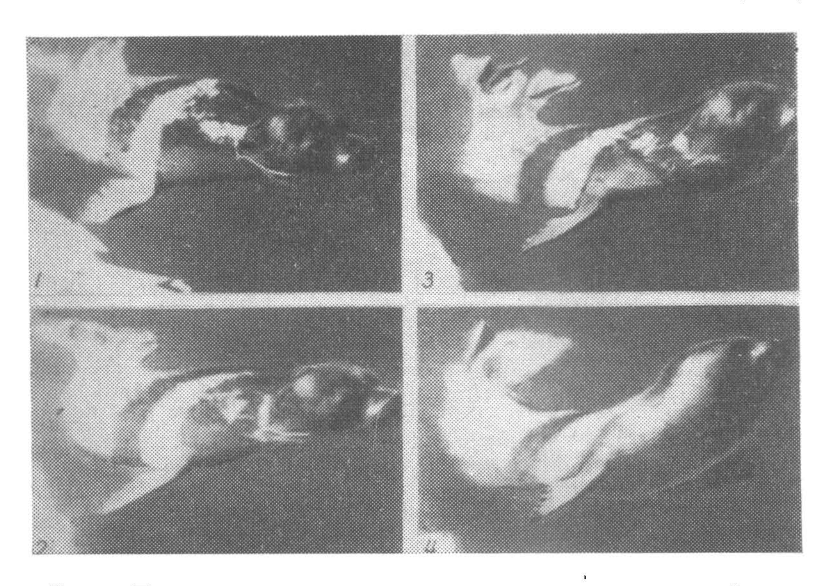


Рис. 1. Последовательные моменты поворота в горизонтальной плоскости каспийского тюленя. Объяснения в тексте. (Киносъемка автора).

лись на спину, живот или на бок. Это объясняется тем, что помимо функции рулей передние ласты выполняют роль балансиров и движителя. В вертикальном направлении животные также поворачивались плохо, но лучше, чем в горизонтальном, благодаря дорсо-вентральному изгибу тела и интенсивному движению задней пары ластов из стороны в сторону. При выведении из действия задних ластов маневренность животных во время поворотов нарушается меньше, чем при выведении передних.

Таким образом, проведенные эксперименты показали, что у котиков передние ласты и тело выполняют основную функцию движителя, рулей и балансиров, задние — стабилизаторов и частично рулей; у каспийских тюленей передние ласты играют роль рулей и балансиров, задние — основного движителя, стабилизаторов и частично рулей.

При рассмотрении приспособлений, связанных со стабилизацией и изменением направления движения ластоногих, большой интерес представляет цифровое выражение динамической устойчивости животных, позволяющие дать количественную характеристику развития тех или иных приспособлений. Для получения количественных характеристик мы использовали методику Ю. Г. Алеева (1963), применявшуюся им при изучении маневренности рыб. Исследуя динамическую устойчивость и поворотливость рыб, Ю. Г. Алеев (1959, 1963) и В. В. Овчинников (1966) определили количественные показатели степени развития морфологических приспособлений, функционально связанных со стабилизацией и изменением направления движения. Поворотливость животного уменьшается с увеличением динамической устойчивости. Животное не поворачивается мгновенно. Какое-то время продольная ось его тела не совпадает с направлением движения, т. е. в этот момент имеет место поперечный снос тела. Вращающие моменты, возникающие при поперечном сносе тела, могут либо усиливать вращение, либо препятствовать

ему. Количественные характеристики степени развития морфологических особенностей, от которых зависит величина динамической устойчивости ластоногих, могут быть основаны на учете площади продольной проекции тела и расстояния от центра этой проекции до центра тяжести. Площадь продольной проекции тела и его форма, а следовательно, и ее

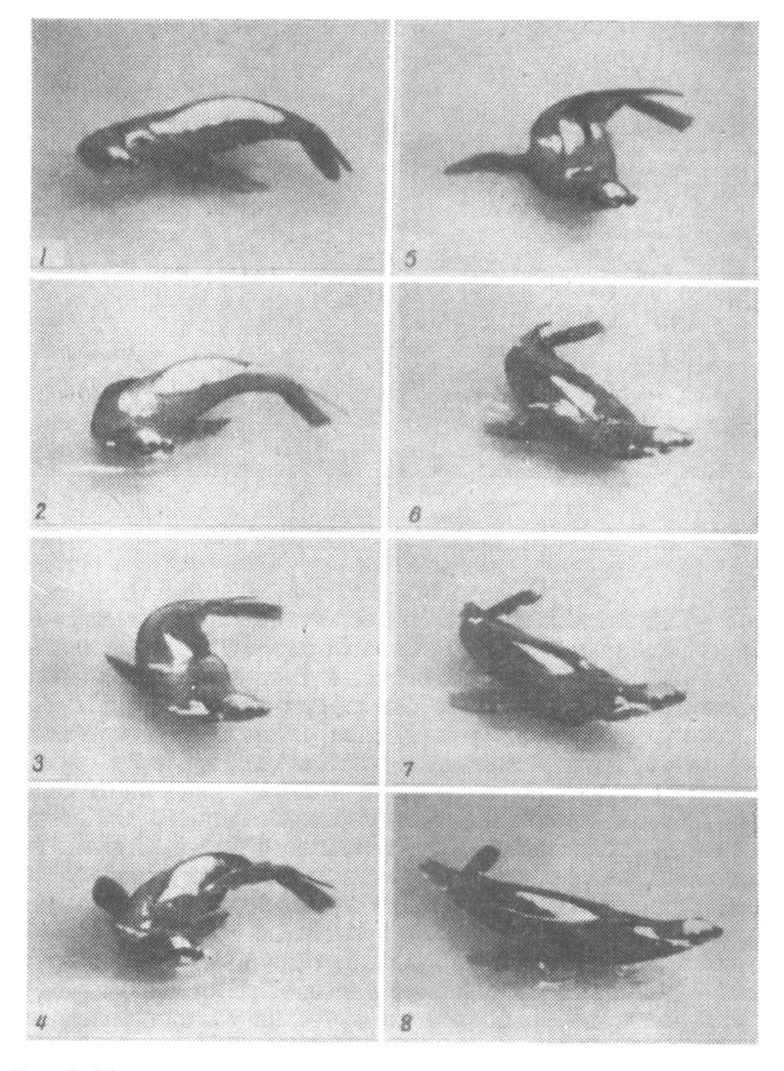


Рис. 2. Последовательные моменты поворота в горизонтальной плоскости северного морского котика. Объяснения в тексте. (Киносъемка автора).

центр изменяются в зависимости от изогнутости тела и степени расправленности ластов. Поскольку продольная ось тела животного от направления его движения может отклоняться как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости, то мы получили показатели динамической устойчивости для обоих случаев.

Площади продольной вертикальной и горизонтальной проекций вычерчивали в масштабе на миллиметровой бумаге после измерений необходимых расстояний на теле при тех положениях животных, которые они

принимают во время прямолинейного движения и в момент конечной фазы поворота в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Найдя показатели горизонтальной динамической устойчивости, вычерчивали вертикальные продольные проекции, получив показатели вертикальной динамической устойчивости,— горизонтальные. Затем все эти проекции переносили на картон, полученные фигуры вырезали и находили их центр тяжести, который является центром проекции. Истинный центр тяжести у животных определяли по методике нахождения такового у рыб (Козырев, 1950). Полученные данные использовали в формулах (Алеев, 1963) для определения величины вращающих моментов, действующих на животное при прямолинейном движении и в момент поворота:

$$Z_{min} = \pm l_{min} \sqrt{S_{min}} \cdot L_{cv}^{-2},$$

$$Z_{max} = \pm l_{max} \sqrt{S_{max}} \cdot L_{cv}^{-2},$$

$$z_{min} = \pm h_{min} \sqrt{s_{min}} \cdot L_{cv}^{-2},$$

$$z_{max} = \pm h_{max} \sqrt{s_{max}} \cdot L_{cv}^{-2},$$

где Z_{min} — показатель динамической устойчивости для прямолинейного движения, Z_{max} — для случая резкого поворота в горизонтальной плоскости, z_{min} — показатель динамической устойчивости для случая прямолинейного движения, z_{max} — для случая поворота в вертикальной плоскости, l_{min} и l_{max} — расстояния между центром тяжести и центром продольной вертикальной проекции животного, h_{min} и h_{max} — расстояния между центром тяжести и центром горизонтальной продольной проекции, S_{min} и S_{max} — площади продольной вертикальной проекции зверя, s_{min} и s_{max} — площади горизонтальной продольной проекции, L_{cv} — длина животного от начала рыла до конца хвоста по прямой.

Алгебраическое увеличение показателей Z_{min} и Z_{max} свидетельствует об уменьшении динамической устойчивости и увеличении поворотли-

Изменение показателей горизонтальной (Z_{min}, Z_{max}) и вертикальной (z_{min}, z_{max}) динамической устойчивости с возрастом (длиной, в *см*) у некоторых ластоногих

Вид	L_{cv}	Z_{min}	Z_{max}	z_{min}	z_{max}
Pagophoca groenlandica Erxl.	88,0	−0,029	−0,026	−0,027	−0,025
	106,0	−0,024	−0,021	−0,022	−0,020
	112,0	−0,019	−0,017	−0,017	−0,016
	117,0	−0,016	−0,014	−0,015	−0,013
	162,0	−0,013	−0,011	−0,012	−0,012
	169,0	−0,013	−0,012	−0,014	−0,013
	176,0	−0,008	−0,009	−0,012	−0,010
Pusa caspica Gmel.	85,0	−0,027	−0,024	−0,025	−0,023
	98,5	−0,022	−0,020	−0,023	−0,021
	116,0	−0,018	−0,016	−0,020	−0,015
	119,5	−0,013	−0,010	−0,017	−0,012
	125,5	−0,015	−0,012	−0,017	−0,014
	135,0	−0,010	−0,008	−0,011	−0,008
Callorhinus ursinus L.	70,5	−0,020	−0,018	−0,021	−0,019
	114,0	−0,018	−0,017	−0,017	−0,017
	129,0	−0,014	−0,012	−0,013	−0,012
	143,0	−0,010	−0,011	−0,010	−0,012
	162,0	−0,007	−0,009	−0,006	−0,008
	166,0	−0,005	−0,007	−0,005	−0,005

вости животных. Анализ данных таблицы показывает, что у всех исследованных ластоногих величины Z_{max} и z_{max} выше значений Z_{min} и z_{min}, что и понятно, т. к. излишняя устойчивость мешала бы животным совершать повороты в той или иной плоскости. Значения Z_{max} и z_{min} с возрастом животного приближаются к нулю, а это говорит о достаточно высокой поворотливости ластоногих и о том, что при прямолинейном движении в обтекающем потоке их положение устойчиво. С возрастом зверей стабилизирующий момент уменьшается, а это ведет к увеличению их поворотливости. У исследованных видов Z_{max} мало отличается от z_{max}. Следовательно, в целом вертикальную и горизонтальную поворотливость ластоногие при движении в воде используют в одинаковой мере. С увеличением размеров животных величина стабилизирующего момента уменьшается, отсюда повышается поворотливость ластоногих. Это происходит за счет прогрессивного развития некоторых морфологических особенностей организма: уменьшения расстояния между центром тяжести и центром динамического давления, уменьшения относительных величин продольных проекций тела животных с возрастом, некоторого относительного смещения передних ластов ближе к голове у каспийского тюленя и беломорского лысуна и др. Г. М. Косыгин (1966) указывает также на относительное смещение передних ластов ближе к голове с возрастом у лахтака (*Erignathus barbatus nauticus* Pall.). Относительное перемещение передних ластов с возрастом у рассмотренных ластоногих говорит об усилении их функции в качестве рулей и свидетельствует о лучшей маневренности взрослых особей по сравнению с молодыми.

ЛИТЕРАТУРА

Алеев Ю. Г. 1959. Поворотливость рыб. Тр. Севастоп. биол. станции АН СССР, т. XII.
Его же. 1963. Функциональные основы внешнего строения рыбы. М.
Козырев Г. С. 1950. Положение центра тяжести у рыб. Уч. зап. т. XXIII. Тр. н.-и. ин-та биол. Изд-во Харьк. гос. ун-та.
Косыгин Г. М. 1966. Некоторые материалы по морфологической характеристике плода лахтака. Тез. докл. III Всесоюз. совещ. по изуч. мор. млекопит. Владивосток.
Овчинников В. Н. 1966. Функциональные основы внешнего строения рыб надсемейства Xiphioidae. Автореф. канд. дисс. Севастополь.

Поступила 13.X 1969 г.

MANOEUVREBILITY OF PINNIPEDIA

Yu. E. Mordvinov

(Institute of Biology of Southern Seas, Academy of Sciences, Ukrainian SSR)

Summary

On the basis of analysis of shooting materials, observations of free swimming *Callorhinus ursinus* L. and *Pusa caspica* Gmel. and experiments carried out with these species of Pinnipedia, with interior or exterior flippers being removed by turns, the role of each pair of extremities was determined in the moment of rectilinear advance motion in water, during turns in horizontal and vertical planes and motion stabilization. It is established that in the species under study and in *Pagophoca groenlandica* Erxl. from the White sea some morphological peculiarities of the organism increasing the manoeuvrebility of swimming animals develop progressively with the age.